

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-222393

(43)Date of publication of application : 26.08.1997

(51)Int.Cl.

G01N 21/27

G01J 3/46

G01R 31/12

(21)Application number : 08-028943

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 16.02.1996

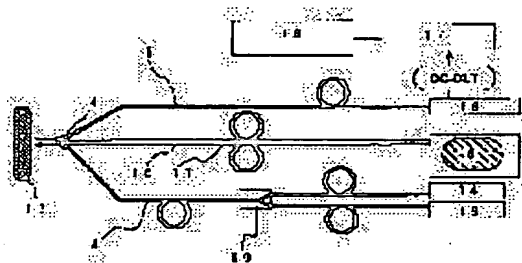
(72)Inventor : TAKEZAWA YOSHITAKA
OHARA SHUICHI
MARUYAMA SHOICHI

(54) DEVICE FOR DIAGNOSING DEGREE OF DETERIORATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To measure the degree of deterioration of the insulation material and structure material of an equipment without any destruction without stopping the operation of the equipment.

SOLUTION: A device guides light emitted from a plurality of types of monochromatic light sources with an optical fiber for application and applies the light to the surface of an object to be measured, guides the reflection light to a part 16 for measuring the quantity of light using an optical fiber for receiving light, calculates reflection absorbance at each wavelength according to output from the part 16 for measuring the quantity of light at a part 18 for calculating the degree of deterioration, and calculates the difference in reflection absorbance between two arbitrary wavelengths or the reflection absorbance ratio, and performs the comparison operation of the relationship between the degree of deterioration of an object to be measured being stored in advance and the difference in reflection absorbance or the reflection absorbance ratio, thus judging the degree of deterioration. In this case, an optical fiber scope is buried in a probe for fixing the optical fiber for application and the optical fiber for receiving light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japan Patent Office

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-222393

(43) 公開日 平成9年(1997) 8月26日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 21/27			G 0 1 N 21/27	B
G 0 1 J 3/46			G 0 1 J 3/46	Z
G 0 1 R 31/12			G 0 1 R 31/12	Z

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-28943

(22) 出願日 平成8年(1996) 2月16日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 竹澤 由高

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 大原 周一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 丸山 正一

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会

社日立製作所日立工場内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

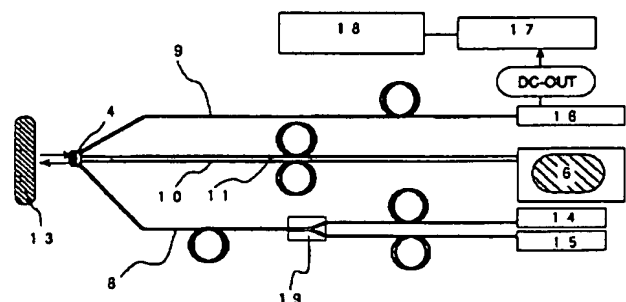
(54) 【発明の名称】 劣化度診断装置

(57) 【要約】

【課題】 機器の運転を停止することなく、機器の絶縁材料や構造材料の劣化度を非破壊で測定できる劣化度診断装置。

【解決手段】 複数種の単色光光源からの照射光を照射用光ファイバで導き被測定物表面に照射し、反射光を受光用光ファイバを用いて光量測定部に導き、劣化度演算部で光量測定部からの出力より各波長における反射吸光度を算出後、任意の2波長間の反射吸光度差あるいは反射吸光度比を演算し、予め記憶させた被測定物の劣化度と反射吸光度差あるいは反射吸光度比との関係を比較演算して劣化度を判定する劣化度診断装置に、照射用光ファイバと受光用光ファイバとを固定するプローブ中に光ファイバスコープを埋設した。

図 3



14…光源LED (λ1)、15…光源LED (λ2)、16…光量測定部 (光パワーメーター)、17…A/D変換器、18…劣化度演算部 (パーソナルコンピュータ)、19…光結合器

【特許請求の範囲】

【請求項1】波長が相異なる複数種の単色光光源からの照射光を照射用光ファイバで導き被測定物表面に照射する手段と、前記被測定物表面からの反射光を受光用光ファイバを用いて光量測定部に導く手段と、前記光量測定部からの出力信号により各波長における反射吸光度 A_λ 、任意の2波長間の反射吸光度差 ΔA_λ あるいは反射吸光度比 $A_{\lambda'}$ 、数1で演算し、さらに予め記憶させ

$$A_\lambda = -\log(R_\lambda/100)$$

$$\Delta A_\lambda = A_{\lambda_1} - A_{\lambda_2} \text{ (ただし、}\lambda_1 < \lambda_2\text{)}$$

$$A_{\lambda'} = A_{\lambda_1}/A_{\lambda_2} \text{ (ただし、}\lambda_1 < \lambda_2\text{)} \quad \dots \text{ (数1)}$$

(波長 λ (nm)における被測定物の反射率を R_λ (%)とする)

【請求項2】前記単色光光源として、650nm～1310nmのピーク波長を有する半導体レーザあるいは発光ダイオードを用いる請求項1に記載の劣化度診断装置。

【請求項3】白色連続光を照射するハロゲンランプからの照射光を照射用光ファイバで導き被測定物表面に照射する手段と、前記被測定物表面からの反射光を受光用光ファイバを用いて分光器を有する光量測定部に導く手段

$$A_\lambda = -\log(R_\lambda/100)$$

$$\Delta A_\lambda = A_{\lambda_1} - A_{\lambda_2} \text{ (ただし、}\lambda_1 < \lambda_2\text{)}$$

$$A_{\lambda'} = A_{\lambda_1}/A_{\lambda_2} \text{ (ただし、}\lambda_1 < \lambda_2\text{)} \quad \dots \text{ (数2)}$$

(波長 λ (nm)における被測定物の反射率を R_λ (%)とする)

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、稼働中の機器の運転を停止することなく、機器に使用されている絶縁材料や構造材料の劣化度を非破壊で測定できる劣化度診断装置に関する。

【0002】

【従来の技術】回転電機等の絶縁材料や構造材料の劣化度を評価する非破壊診断装置は、特開昭64-84162号公報に開示されているように、白色の標準光源から光ファイバで導いた照射光を絶縁材料と同じ材料で構成されているセンサ部で反射させ、この反射光を受光用光ファイバを通して検出し、 $L^*a^*b^*$ 表色系に基づいた色度あるいは色度差によって表色演算を行う診断装置が提案されている。ここで L^* は明度指数で明るさを表し、 a^* 及び b^* はクロマティック指数と呼び、色度(色相と彩度)を表す。

【0003】また、特開平3-226651号公報に記載されているように、白色の標準光源から光ファイバで導いた照射光を絶縁材料と同じ材料で構成されているセンサ部を透過させ、前記透過光を受光用光ファイバを通して検出する透過光方式による $L^*a^*b^*$ 表色系に基づいた色度あるいは色度差による表色演算診断装置も提案されている。

た被測定物の劣化度と反射吸光度差あるいは反射吸光度比との関係を比較演算する劣化度演算部を備えた劣化度診断装置において、

照射用光ファイバと受光用光ファイバとを固定するプローブ中に光ファイバスコープを埋設したことを特徴とする劣化度診断装置。

【数1】

と、前記光量測定部からの出力信号により各波長における反射吸光度 A_λ 、任意の2波長間の反射吸光度差 ΔA_λ あるいは反射吸光度比 $A_{\lambda'}$ を数2で演算し、さらに予め記憶させた被測定物の劣化度と反射吸光度差あるいは反射吸光度比との関係を比較演算する劣化度演算部を備えた劣化度診断装置において、

照射用光ファイバと受光用光ファイバとを固定するプローブ中に光ファイバスコープを埋設したことを特徴とする劣化度診断装置。

【数2】

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来技術では、回転電機等の機器製造時に機器の絶縁層中に、予め照射用光ファイバ、受光用光ファイバ及びセンサ部をそれぞれ埋設しておく必要があり、これらを埋設していない既存の機器には適用できないという本質的な問題があった。

【0005】さらに機器内部に設置してあるコイル等の劣化度を診断する場合、通風口等から光ファイバプローブを挿入して手探り状態で被測定部位を決定するため、被測定物表面が塵芥等で汚損していたり、あるいは凹凸が著しく測定に適さない部位であっても、それを確認することができず正確な測定値を得られない等の問題点を有していた。

【0006】本発明の目的は、稼働中の機器の運転を特に停止することなく、機器に使用されている絶縁材料や構造材料の劣化度を非破壊で測定できる診断装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、樹脂やオイル等の劣化度と光学物性との関係を検討した結果、熱劣化に伴う樹脂やオイル等の表面反射光強度の変化から劣化度を判定でき、かつ診断する部位を正確に確認できる劣化度診断装置を見出し、本発明に到達した。即ち、本発明の要旨は次のとおりである。

【0008】(1)波長が相異なる複数種の単色光光源からの照射光を照射用光ファイバで導き被測定物表面に

照射し、前記被測定物表面からの反射光を受光用光ファイバを用いて光量測定部に導き、劣化度演算部において前記光量測定部からの出力より数3を用いて、各波長における反射吸光度 A_λ を算出後、任意の2波長間の反射吸光度差 ΔA_λ あるいは反射吸光度比 $A_{\lambda'}$ を演算し、さらに予め記憶させた被測定物の劣化度と反射吸光度差あるいは反射吸光度比との関係（マスターカーブ）を比

$$A_\lambda = -\log(R_\lambda / 100)$$

$$\Delta A_\lambda = A_{\lambda_1} - A_{\lambda_2} \text{ (ただし、} \lambda_1 < \lambda_2 \text{)}$$

$$A_{\lambda'} = A_{\lambda_1} / A_{\lambda_2} \text{ (ただし、} \lambda_1 < \lambda_2 \text{)}$$

… (数3)

(波長 λ (nm) における被測定物の反射率を R_λ (%) とする)

ここで、埋設する光ファイバスコープの種類は特に制限されず、従来公知のものを用いることができる。特に好適には直径が10mm以下のものが屈曲性の点から望ましい。

【0010】なお、光源として使用する単色光は、波長650～1310nmにピーク波長を有する半導体レーザー(LD)あるいは発光ダイオード(LED)が入手容易で寿命も長く性能も安定しており好適である。特に、655、660、670、780、800、820、830、850、1300、1310nm等のLD、LED光源が好適である。上記領域以外の波長の光源では、被測定物の劣化度が比較的小さいうちに検出器(光量測定部)がオーバーレンジとなり、測光不能となる場合がある。被測定物がもともと透明性の高いアクリル樹脂、ポリカーボネート樹脂等である場合には、655、660、670、780、800nm等の800nm以下の波長の光を用いることがより好ましい。一方、被測定物がもともと着色しているアルキッド樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、あるいはすぐに黒く変色してしまうエポキシ樹脂、あるいは顔料等を含む不透明な樹脂等については、780、800、820、830、850、130

$$A_\lambda = -\log(R_\lambda / 100)$$

$$\Delta A_\lambda = A_{\lambda_1} - A_{\lambda_2} \text{ (ただし、} \lambda_1 < \lambda_2 \text{)}$$

$$A_{\lambda'} = A_{\lambda_1} / A_{\lambda_2} \text{ (ただし、} \lambda_1 < \lambda_2 \text{)}$$

… (数4)

(波長 λ (nm) における被測定物の反射率を R_λ (%) とする)

一般に、単一材料からなる有機材料の熱劣化に伴う反射吸光度スペクトルの変化は、図5で示されるような変化で代表される。図5のように劣化に伴って可視領域の短波長側で反射吸光度は著しい増加を示すので、検出器

(光量測定部)の測定レンジ上の制約から650nm未満の波長領域では機器の寿命点まで、使用されている材料の反射吸光度を測定し続けることが実質的に困難となってしまう。この短波長側での反射吸光度の増加は、主に材料の熱酸化劣化反応による電子遷移吸収損失の増大に起因するものである。

【0014】また、劣化度の増大に伴って反射吸光度 A_λ は短波長側ほど増加するようになるので、任意の2波

較演算することによって劣化度を判定する劣化度診断装置において、照射用光ファイバと受光用光ファイバとを固定するプローブ中に光ファイバスコープを埋設した劣化度診断装置である。

【0009】

【数3】

0、1310nm等の近赤外領域の波長を用いることがより好ましい。

【0011】本発明においては、照射用光ファイバおよび受光用光ファイバを機器中に予め埋設しておく必要がないので、これら光ファイバもそれ自身の耐熱性を特に要求されないために、光ファイバとして口径の大きなプラスチック光ファイバの使用が可能であり、受光能を向上する上で有利である。

【0012】(2) 白色連続光を照射するハロゲンランプからの照射光を照射用光ファイバで導き被測定物表面に照射し、前記被測定物表面からの反射光を受光用光ファイバを用いて分光器を有する光量測定部に導き、劣化度演算部において前記光量測定部からの出力より数4を用いて各波長における反射吸光度 A_λ を算出後、任意の2波長間の反射吸光度差 ΔA_λ あるいは反射吸光度比 $A_{\lambda'}$ を演算し、さらに予め記憶させた被測定物の劣化度と反射吸光度差あるいは反射吸光度比との関係（マスターカーブ）を比較演算することによって劣化度を判定する劣化度診断装置において、照射用光ファイバと受光用光ファイバとを固定するプローブ中に光ファイバスコープを埋設した劣化度診断装置である。

【0013】

【数4】

長間の反射吸光度差 $\Delta A_\lambda (= A_{\lambda_1} - A_{\lambda_2})$ あるいは反射吸光度比 $A_{\lambda'} (= A_{\lambda_1} / A_{\lambda_2})$ も同様に増加する。ここで、 $\lambda_1 < \lambda_2$ である。例えば図5において、波長 λ_1 (nm) と波長 λ_2 (nm) 間の反射吸光度差 ΔA_λ を、劣化度の大きい材料から順に α_1 、 α_2 、 α_3 とすれば、 $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3$ の関係が成立する。反射吸光度比 $A_{\lambda'}$ に対しても同様のことが言える。

【0015】また、特開平3-226651号公報に記載されているように、劣化度は換算時間 θ で表すことが一般的である。換算時間 θ で表すことにより、様々な熱履歴を有する材料であっても、 θ が等しければ同じ劣化程度であることを意味する。換算時間 θ (h) は数5で定義される。

【0016】

【数5】

$$\theta = \int_0^t \exp(-\Delta E/RT) dt$$

… (数5)

【0017】ここで、 ΔE は熱劣化のみかけの活性化エネルギー(J/mol)、 R は気体定数(J/K/mol)、 T は熱劣化の絶対温度(K)、 t は劣化時間(h)である。樹脂やオイル等の ΔE は、数種の劣化温度に対する反射吸光度差あるいは反射吸光度比の変化をアレニウスプロットすることによって容易に算出できる。

【0018】さらに、予め求めておいた樹脂や前記オイル

$$\Delta \theta = \theta_0 - \theta = \int_t^{\theta_0} \exp(-\Delta E/RT) dt$$

… (数6)

【0020】数6より、時間 t 以降の機器の使用温度条件が定まれば、余寿命の時間 Δt (= $t_0 - t$)を求めることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、実施例を用いて本発明を詳細に説明する。

【0022】(実施例1) 図3は劣化度診断装置の機能構成を示すブロック図である。図3において、劣化度演算部18はハードディスクユニットが内蔵されたノートブック型パーソナルコンピュータを用いている。まず、各波長に対するレファレンス光量を測定する。レファレンス光量は被測定材料13の位置に酸化アルミナ板を設置して測定した。酸化アルミナ板を用いないで白色普通紙やクロムメッキされた金属板等を用いても一向に差し支えない。LED光源14から発生したピーク波長 $\lambda_1 = 660 \text{ nm}$ の単色光は、光結合器19を通り、照射用光ファイバ8に導かれ、酸化アルミナ板上で反射される。この反射光は受光用光ファイバ9を通り光量測定部16に伝送される。光量測定部16はフォトダイオードを内蔵した光パワーメータを用いている。光量測定部16ではLED光源14からのピーク波長 660 nm の単色光のレファレンス光量 I_1 を計測し、劣化度演算部18に測定値をピンジャックから電圧値としてアナログ出力する。劣化度演算部18のパーソナルコンピュータはアナログ出力データを直接入力することはできないので、12ビットA/D(アナログ/デジタル)変換器17を拡張コネクタに接続してある。12ビットA/D変換器17は5ボルトの電圧値を 4096 (= 2^{12})分割して取り込む能力を有する。劣化度演算部18では、LED光源14のレファレンス光量 I_1 をメモリ上に記憶する。同様に、LED光源15から発生したピーク波長 $\lambda_2 = 780 \text{ nm}$ の単色光を用いて同じ操作が行われ、劣化度演算部18においてLED光源15のレファレンス光量 I_2 が記憶される。ここで、被測定材料13の表面状態をモニタ内蔵光ファイバスコープ制御ユニット6を用いて確認し、プローブ4と被測定材料13の位置合わせを行う。次に、絶縁材料表面の反射光量を測定する。LED光源14からのピーク波長 660 nm の単

色光を用いた機器の寿命点における換算時間を θ_0 とすれば、実測から求めた換算時間 θ との差 $\Delta \theta$ (= $\theta_0 - \theta$)が余寿命に相当する換算時間となり、劣化度判定の尺度となる。即ち、余寿命 $\Delta \theta$ (h)は数6で表される。

【0019】

【数6】

色光は、光結合器19を通り、照射用光ファイバ8に導かれ、プローブ4を通り被測定材料13の表面に照射される。プローブ4は、図2に示したように外部の迷光を遮断する遮へい構造を有している。被測定材料13の表面からの反射光を受光用光ファイバ9が受け、その伝送光は光量測定部16に送られ、反射光量 I_1' が測定され劣化度演算部18に結果 I_1' が出力される。劣化度演算部18では、 660 nm における反射率 R_{660} (= $100 \times I_1' / I_1$)が算出、メモリ上に記憶される。同様に、LED光源15から発生したピーク波長 780 nm の単色光を用いて同じ操作が行われ、劣化度演算部18において 780 nm における反射率 R_{780} (= $100 \times I_2' / I_2$)が算出、メモリ上に記憶される。このようにして、 660 、 780 nm における反射率が得られるので、劣化度演算部18において2波長間の反射吸光度差 ΔA_λ (= $A_{\lambda_1} - A_{\lambda_2}$)あるいは反射吸光度比 A_{λ_1}' (= $A_{\lambda_1} / A_{\lambda_2}$)が求められる。ハードディスクユニットには、図6あるいは図7に示したような被測定材料13の劣化度に対応した反射吸光度差あるいは反射吸光度比がマスターカーブとして予め記憶されており、劣化度演算部18に出力する。この記憶された関数値と実測の反射吸光度差あるいは反射吸光度比の値から劣化度演算部18で比較演算して劣化度を判定し、外部(図示省略)のプリンタ等に測定結果として出力する。

【0023】なお、本実施例では2波長を用いた材料の劣化度測定装置を説明したが、3波長でも測定装置を同様に操作する。

【0024】(実施例2) 図8には白色光源(ハロゲンランプ)を光源に用いた劣化度診断装置の機能構成を示すブロック図を示す。白色光源(ハロゲンランプ)を光源に用いても、システムは良好に動作する。光量測定部16には干渉フィルタからなる分光器が組み込まれており、各波長($500 \sim 900 \text{ nm}$)での光量を瞬時に分光測定できる。被測定材料13の表面状態をモニタ内蔵光ファイバスコープ制御ユニット6を用いて確認し、プローブ4と被測定材料13の位置合わせを行い、実施例1と同様に各波長($500 \sim 900 \text{ nm}$)に対するレファレンス光量及び反射光量を測定する。被測定材料13

の表面からの反射光を受光用光ファイバ 9 が受け、その伝送光は光量測定部 1 6 に送られ、反射光量が測定され劣化度演算部 1 8 に結果が出力される。劣化度演算部 1 8 では、波長 5 0 0 ~ 9 0 0 n m における反射率 $R_{500} \sim R_{900}$ が連続的に算出、記憶される。このようにして、波長 5 0 0 ~ 9 0 0 n m における反射率が得られるので、劣化度演算部 1 8 において任意の 2 波長間の反射吸光度差 $\Delta A_{\lambda} (= A_{\lambda} - A_{\lambda'})$ あるいは反射吸光度比 $A_{\lambda'} (= A_{\lambda 1} / A_{\lambda 2})$ が求められる。ハードディスクユニットには、材料の劣化度に対応した反射吸光度差あるいは反射吸光度比がマスターカーブとして予め記憶されており、劣化度演算部 1 8 に出力する。この記憶された関数値と実測の反射吸光度差あるいは反射吸光度比から劣化度演算部 1 8 で比較演算して劣化度を判定し、外部に測定結果として出力する。

【 0 0 2 5 】なお、各実施例においては、固体材料の場合について説明したが、オイル等の液体の材料についても同様にして劣化度を測定することができる。

【 0 0 2 6 】

【発明の効果】本発明によれば、実働中の機器の運転を停止することなく、機器に使用されている絶縁材料や構造材料の劣化度を非破壊で測定できる。さらに、表面が

塵芥等で汚損した被測定物、あるいは凹凸が著しい被測定物の場合にも最適な測定部位を確認できる劣化度診断装置を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施例 1 の劣化度診断装置の適用例を示す説明図。

【図 2】実施例 1 のプローブの模式断面図。

【図 3】実施例 1 の劣化度診断装置の説明図。

【図 4】劣化度判定のための演算のフローチャート。

【図 5】材料の反射吸光度スペクトルの特性図。

【図 6】実施例 1 の劣化度判定の基準となる反射吸光度差マスターカーブの特性図。

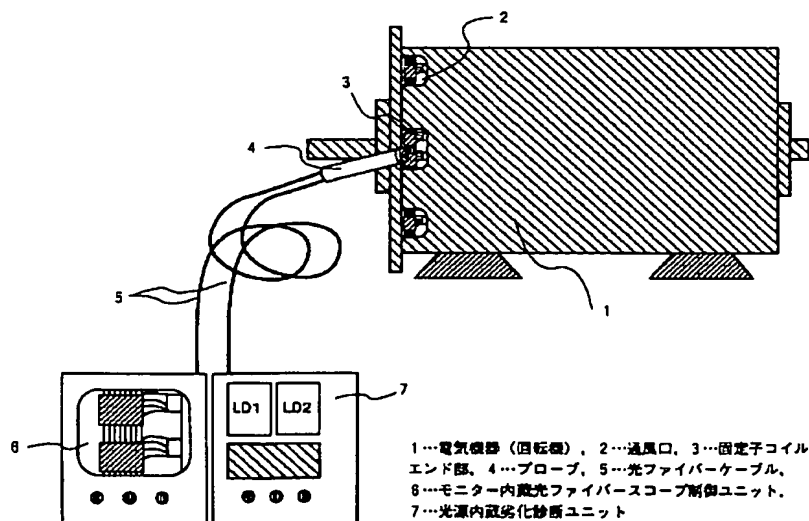
【図 7】実施例 1 の劣化度判定の基準となる反射吸光度比マスターカーブの特性図。

【図 8】実施例 2 の劣化度診断装置の説明図。

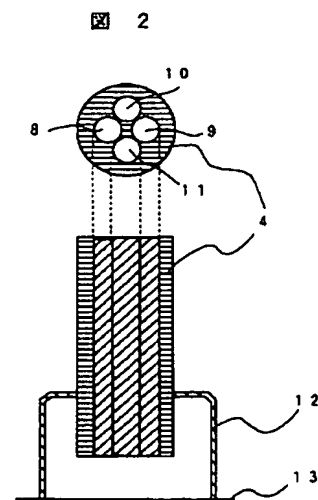
【符号の説明】

4…プローブ、6…モニタ内蔵光ファイバスコープ制御ユニット、8…照射用光ファイバ、9…受光用光ファイバ、10…光ファイバスコープ、11…スコープ用光源ファイバ、13…被測定材料、14、15…光源 L E D、16…光量測定部、17…A/D 変換器、18…劣化度演算部、19…光結合器。

【図 1】

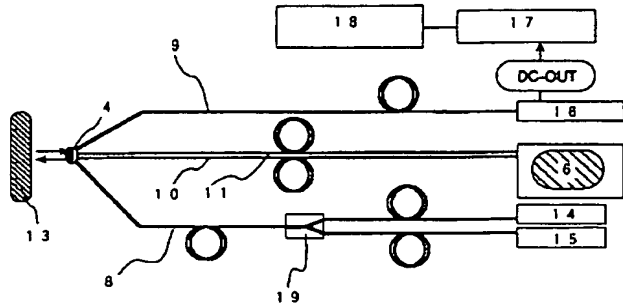


【図 2】



【図3】

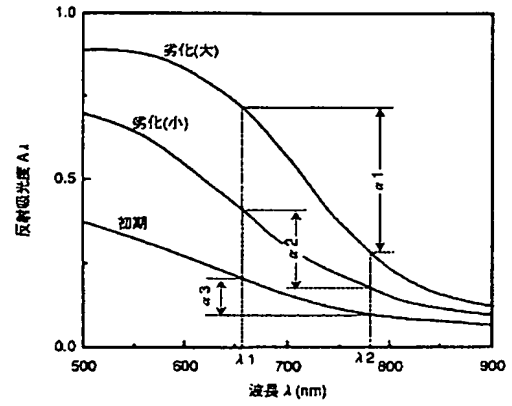
図 3



14…光源LED (λ_1)、15…光源LED (λ_2)、16…光量測定部 (光パワーメーター)、17…A/D変換器、18…劣化度演算部 (パーソナルコンピューター)、19…光結合器

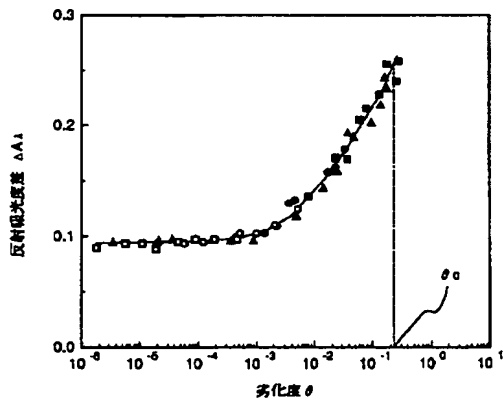
【図5】

図 5



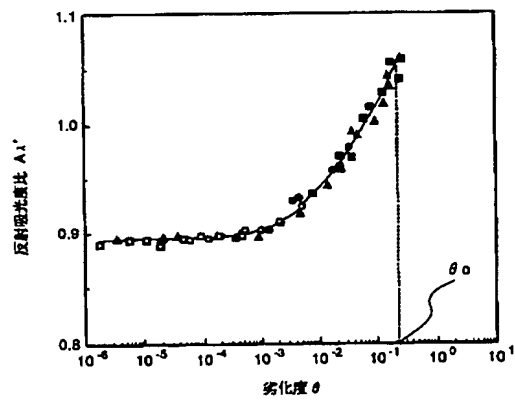
【図6】

図 6



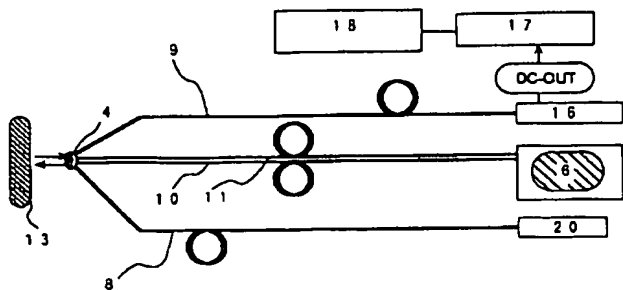
【図7】

図 7



【図8】

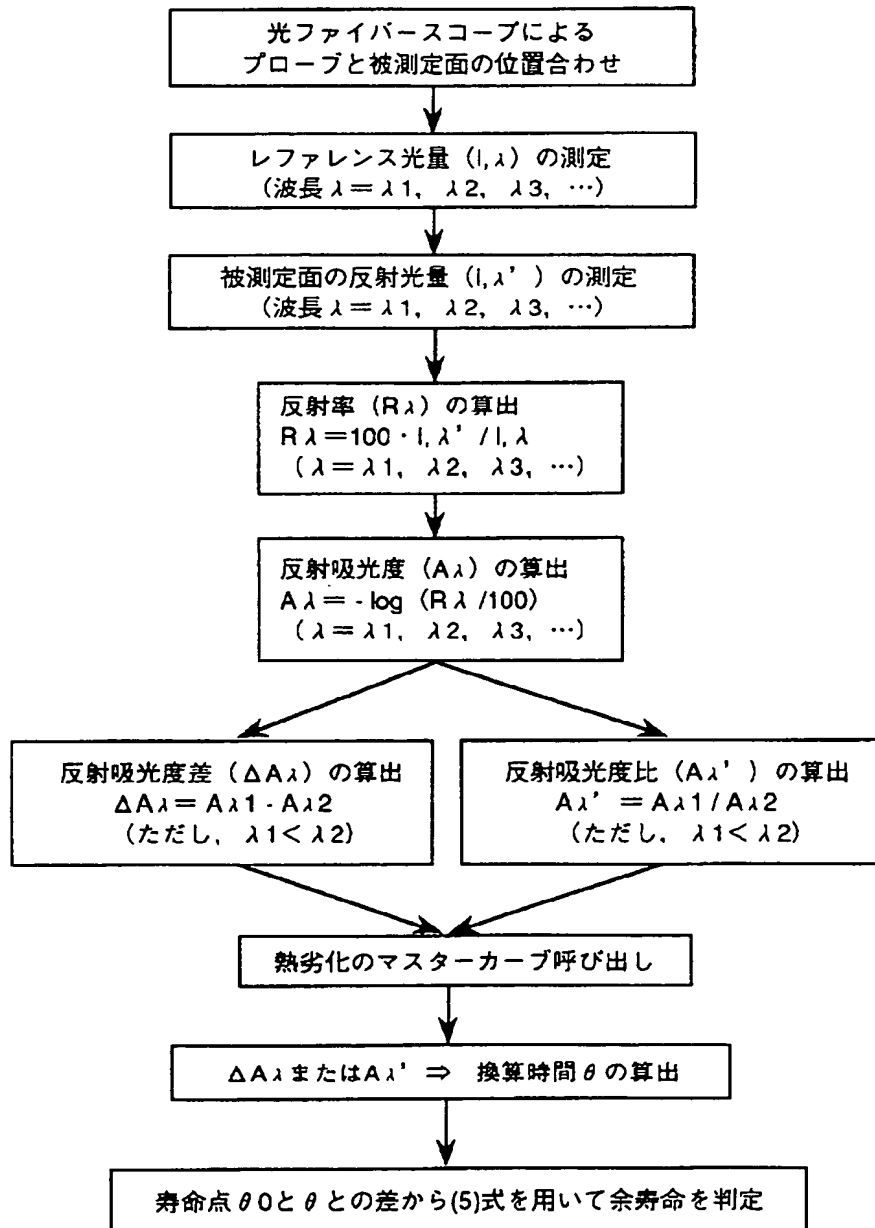
図 8



20…白色光源 (ハロゲンランプ)

【図4】

図 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.